

## 明 細 書

合金被覆ボイラ部品、及び自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法  
技術分野

- [0001] この発明は、各種ボイラにおいて伝熱配管を構成する管部品(以下「ボイラチューブ」)あるいは冷却水路付の火炉ハウジングを構成する板材-管材複合パネル(以下「ボイラ火炉パネル」)などのボイラ部品に関し、更に詳しくは、耐久性を向上させるための合金被覆を有し且つ溶接施工にも適したボイラ部品ならびに、合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法に関する。

## 背景技術

- [0002] 先ずボイラチューブの例でいうと、ボイラの稼働温度が昨今よりも低く、また、炉内のエロージョン・コロージョン環境もさほど厳しくなかった時代には、機械特性に関する高温可使用性を配慮したボイラ用鋼管(低合金鋼管)を裸のままを用いるというのが一般的な使用形態であった。耐食性が要求される用途にはステンレス管、更にはチタン管も用いられてきたが、高価につくため、多用されることはなかった。
- [0003] 近年は、ゴミ消却熱を回収利用する形式のボイラが増え、そのため、特に燃焼煤塵によるエロージョン(摩耗)の問題が生じており、この問題への対策として、耐摩耗性に優れた自溶合金(第一合金材料)の溶射被覆を施す仕様が多用され始めている。
- 但し、上記の自溶合金被覆は、たとえばHVOF(High Velocity Oxygen Fuel)溶射機により溶射形成したままの被覆(即ち、多孔質であり、母材に達するピンホールが存在する。以下「未溶融被覆」)であり、他の用途(たとえば金属板処理ライン用ローラ類)で、多用されているような、溶射後に溶融処理の施された自溶合金被覆(これは、多孔質から緻密質に変成し、上記ピンホールがなくなって十分な環境遮断機能が具わった被覆であり、「溶着被覆」の典型例である)の適用は稀である。
- [0004] ボイラチューブへの自溶合金の溶着被覆の適用が稀である理由は、ボイラチューブが溶接接続して使用される際に溶接作業時の急速な局部昇温によって溶着被覆に熱衝撃割れが生じ易く、そのため、チューブ全体を炉内予熱した上で、高温のチューブを溶接でつなぎ合わせるという、法外な難作業が要請されるからである。

しかしながら昨今のボイラにおいては、エロージョンばかりではなくコローション(腐食)の問題が、排気無害化のための高温燃焼要請に伴って重大化してきており、ボイラへの溶着被覆適用が、しかもプレハブ被覆部分の供給という形で、益々切望される状況に至っている。

[0005] その一例として、特許文献1(特開平10-170194号公報)にボイラチューブに自溶合金の溶着被覆を適用する構成が開示されている。そして、ここではボイラチューブの端部に50mm程度の未溶射部を設け、この部分を接合代とする構成(上記公報の第3ページ第4欄第15-16行)が採用されている。また、上記未溶射部には、溶接のあと、被覆の代りにプロテクタ材を嵌装する処置がとられている(同じく第4欄24-26行)。上記処理は、優れた耐エロージョン性を具えるプロテクタ材(たとえばアルミナ製)の特注、あるいは、狭隘なボイラ内での嵌装作業を要することから、材工共の高コストならびに資材の前倒し調達を要する。

[0006] この他、工場プレハブされた自溶合金未溶射被覆ボイラチューブを構築現場で溶接接続してから、その場で誘導加熱などによる溶融処理を施す手法も考えられなくはないが狭隘なスペースあるいは他部材との取合部の加熱難等により実質的に不可能である。

因に、自溶合金の溶融処理は全体同時溶融か一方向溶融を行わないと再加熱割れが生じるため、その場での実施には、誘導加熱が不可欠である。

[0007] 次に、ボイラ火炉パネルの場合には、それが上述したように管材と板材とを交互に配した複合構成であることや、大寸法(たとえば0.5m×6m)であることから、上記プロテクタに相当する実用的な補助部材の援用は更に難題であり、また、溶射後の溶融処理に伴う複雑な形状歪の問題もあって(例えば特許文献2或いは特許文献3参照)、プレハブ溶融被覆製品の利用自体が考えにくいという事情にあった。

[0008] 特許文献1:特開平10-170194号公報  
特許文献2:特開2001-4101号公報  
特許文献3:特開2000-329304号公報  
発明の開示  
発明が解決しようとする課題

[0009] 第一の課題は要保護部の全域に耐エロージョン・コローション性に優れた合金材料の溶着被覆が施されており、しかも、溶接接続しても熱衝撃割れを生じることのない合金被覆ボイラ部品の提供である。

また、第二の課題は全域に自溶合金の溶着被覆が施されたボイラ部品の接続などのための溶接施工を熱衝撃割れを生じないように行える自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 請求項1記載の本発明の合金被覆ボイラ部品は、上記の第一課題を解決するために創案されたものであり、金属製の母材にNi(ニッケル)リッチのNi-Cr(クロム)成分が過半量を占める合金材料による被覆が施された、溶接接続して用いられる合金被覆ボイラ部品であって、溶接接続に供される端部には、その近傍も含めた、溶接作業時に熱衝撃割れが生じうる急速昇温領域に亘って、融点降下元素であるB(ボロン)、Si(シリコン)の含量をBは0.1%以下、Siは重量比0.5%以下に抑えた前記合金材料(第二合金材料)による溶着被覆が施されており、一方、前記急速昇温領域以外の残部領域には、前記B、Siの含量を夫々1〜5%(1%以上で5%以下の何れか)とした組成の前記合金材料(第一合金材料)による溶着被覆(望ましくは溶射後溶融被覆)が施されている、ことを特徴とする。なお、上記第二合金材料による溶着被覆の形成手段としては、溶接肉盛(コスト重視の一層盛あるいは成分純度重視の二層盛)を例示できるが、この方法に限定されない。

[0011] また、請求項8記載の本発明の自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法は、上記の第二課題を解決するために創案されたものであり、金属製の母材にNiリッチのNi-Cr成分が過半量を占め更にBとSiが夫々1〜5%配された自溶合金材料(第一合金材料)による溶着被覆(望ましくは溶射後溶融被覆)が施された自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法であって、溶接施工に供される端部を対象として、端部から内方に向けて昇温量が漸減して行く加熱パターンでの予熱処理を前記端部における昇温速度が2〜10℃/秒という緩速加熱条件で適用してばかし予熱領域を形成し、引続いて当該端部の溶接作業を(望ましくはNiリッチのNi-Cr成分が過半量を占め且つBとSiの含量をBは0.1%以下、Siは0.5%以下に抑えた第二合金材料にて)

行う、ことを特徴とする。なお、上記溶接作業には、単一部品の端部への溶接肉盛作業も、隣接部品の端部同士の溶接接続も、含まれる。

#### 発明の効果

- [0012] 請求項1記載の合金被覆ボイラ部品は、端部以外の大半領域に、融点降下元素(B, Si)を十分に配合した易融性の合金材料(第一合金材料)による溶着被覆が施されており、この領域に関しては、通常の溶射-溶融処理と同様の高い生産性による低いコストでの工場生産が行える。一方、端部領域は生産性の低い溶接肉盛等、溶射以外の高コスト施工によらざるを得ないが、領域面積が小さいため全体としては低コストで生産できる。

端部領域の溶着被覆はB、Siの配合量を極小に留めている(第二合金材料からなる)ため、易融性ではなく高い施工生産性は望めないが、その代りに、B、Siを十分に配合した合金材料のような熱衝撃割れ感受性については、これのないものとなっている。

耐久性能について云えば、両被覆ともに溶着被覆であるため、環境遮断性は十分であり、更には高Ni-Cr組成によって被覆自体の耐食性も共に極めて優れたものとなっている。耐エロージョン性については、B、Siが多量に配合されている大半領域被覆の方が優れているが大差ではないので初期被覆厚に差をつける程度の処置でほぼ均等にできる。

以上の通り、前記第一の課題は解決される。

- [0013] 請求項8の自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法によれば、溶接施工時の急速昇温によって起こっていた自溶合金溶着被覆の熱衝撃割れについては、溶加材適用領域を包含するように「ぼかし予熱領域」を設けたことで、急速昇温に伴う温度急変量を全域に亘って小さくできて、熱衝撃割れが起こらなくなる。

上記溶接施工方法は、先ず、前記請求項1の構成の合金被覆ボイラ部品を、ボイラ構築現場における寸法現合などの突発的な事情により急調製する必要が生じたときに有用である。たとえば、工場生産された自溶合金溶着被覆ボイラ部品を現合寸法に調べ、更に、端部の自溶合金(第一合金材料)の被覆を除去してから、その端部に、前記端部用組成の合金材料(望ましくは第二合金材料)を溶加材とする溶接肉盛

を行うことで、請求項1記載の製品と同等で且つ現合寸法に調えられた、溶接接続に供しても熱衝撃割れを生じない合金被覆ボイラ部品をその場で調製することができるのである。あるいは、自溶合金被覆(溶着被覆又は未溶融被覆)の施された部材における被覆欠損部(剥離部など)に対して、上記の予熱-溶接肉盛を適用することで、自溶合金被覆の補修が行える。

- [0014] ここで、上記肉盛施工に先立って行う前記ばかり予熱領域は、たとえば、軸線方向に入熱密度勾配が生じるように巻線密度を軸線方向に漸次変化させたソレノイドコイルを用いて誘導加熱を行い、その際、上記ソレノイドコイルを軸線方向に適宜揺動させる操作を援用するといった手法によってなだらかな温度分布で形成することができる。

上記予熱処置は若干手数のかかる作業ではあるが、対象領域が極く狭い範囲であること、延いては極小規模の高周波電源を用意すれば足りることから、ボイラ内の狭隘スペースにおいても無理なく実施できるのである。なお、この溶接施工方法における予熱は、上述のように誘導加熱によるのが能率的であるが、これに限定されるものでなく、他の加熱方法、たとえばガス加熱によって代替されてもよい。

- [0015] 上記の手法は、また、請求項1記載の溶接接続容易な合金被覆ボイラ部品をボイラ構築現場で急拠作り貯めしたいときなどにも威力を発揮する。

上記溶接施工方法は、さらに、上記請求項1記載の合金被覆ボイラ部品のその場調製に代えて、現合寸法に切断された自溶合金溶着被覆ボイラ部品を、とにかく熱衝撃割れが生じないように溶接接続したいときにも有用であり、請求項1記載の合金被覆ボイラ部品の提供に代る一品対応の応急対策となる。

なお、上記請求項8記載の自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法においては、溶接施工後の品質要請(耐エロージョン・コローション性)を考慮して、前記端部用組成の合金材料(第二合金材料)を溶加材とすることが望ましい。

以上の通り、前記第二の課題は解決される。

発明を実施するための最良の形態

- [0016] 本発明の合金被覆ボイラ部品の一実施形態について、その構成を、図面を引用して説明する。図1(a)～(e)は、合金被覆ボイラ部品の具体例としてのボイラ火炉パネ

ル10の構造を示しており、(a)が全体平面図、(b)が全体正面図・端面図、(c)が要部拡大平面図、(d)が要部拡大正面図・端面図、(e)がA断面拡大図である。なお、図1(f)は、複数パネル連結状態の平面図である。

- [0017] ボイラ火炉パネル10は、予め工場で鋼製パネル11(金属製の母材)に超合金被覆15(第二合金材料被覆)と自溶合金被覆16(第一合金材料被覆)とを溶着させたものであり、火炉ハウジングの組上げに際し現場で複数枚を連ねて隣り合う端部同士を溶接接続するようになっている。すなわち、鋼製パネル11(板材-管材複合パネル)には、冷却水路付の火炉ハウジングの基本単位をなすべく、冷却水路をなす管部12(管材)と連結部をなす板部13(板材)とを交互に配して溶接接続等にて密に連結したものであり、さらに、耐エロージョン・コローションのため、火炉内壁となる片面(要保護部)には溶接接続用端部は別として全域に合金材料による溶着被覆が形成されている。
- [0018] 溶着被覆は、材工費削減のため、超合金被覆15と自溶合金被覆16とが使い分けられており、超合金被覆15は、パネル端部のうち溶接接続部20に供される管端側の端部における帯状領域(急速昇温領域)に施工され、自溶合金被覆16は、要保護部のうちの残部領域に施工されている。急速昇温領域は、溶接作業時に自溶合金被覆では熱衝撃割れが生じうる領域のことであり、その急速昇温領域幅Cは、鋼材形状や被覆厚さ等によって異なるので一概には言えないが、ボイラ火炉パネルでは15〜50mm(15mm以上で50mm以下の何れか)程度である。
- [0019] もっとも、板部13の端部については、それよりも内方にまで、超合金被覆15が形成されている。すなわち、超合金被覆15が急速昇温領域幅Cの二倍程度にまで伸びて、急速昇温領域ばかりかそれを越えて残部領域に入り込んでいる。また、そこには、幅0.5〜2mm程度の細い切込み14が形成されている。これは、管部12の溶接目合わせ用の撓ませ代を確保するためであり、管部12の太さによっては板部13端部の超合金被覆15と共に急速昇温領域幅Cの数倍程度に及ぶこともある。管部12の端面には、溶接開先となる大きな面取り・テーパも施されている。
- [0020] 超合金被覆15の材料は、NiリッチのNi-Cr成分が過半量を占めるものであるが、溶接作業時に熱衝撃で割れないよう、融点降下元素であるB, Siの含量をBは0.1

% (重量比) 以下、Siは0.5% (重量比) 以下に抑えている。そのような合金材料を規定する規格としては、日本国では、棒材のJISG4901や、板材のJISG4902が挙げられ、国際規格では、ISO4955やISO9723が挙げられる。超合金被覆15の厚さは、1.2〜3.0mm程度である。

[0021] 自溶合金被覆16の材料は、同じくNiリッチのNi-Cr成分が過半量を占めるものであるが、材料費の高騰を抑制するとともに、溶射処理と溶融処理とで能率良く施工するために、B、Siの含量を夫々1〜5% (重量比) にしている。そのような合金材料としては、日本国では、JISH8303に規定された組成のニッケル自溶合金材料が挙げられる。他の国や地域では国際規格ISO14920に規定された組成のニッケル自溶合金材料が挙げられる。なお、自溶合金材料としては、高価ではあるがCo (コバルト) 基の自溶合金材料やWC (炭化タングステン) を配合した自溶合金材料も必要に応じて使用されてよい。自溶合金被覆16の厚さは、1.0〜2.0mm程度である。

[0022] この実施形態のボイラ火炉パネル10 (合金被覆ボイラ部品) について、その製造工程を、図面を引用して説明する。図2は、(a) が全体平面図、(b) が全体正面図・端面図であり、図3は、(a) が要部拡大平面図、(b) が要部拡大正面図・端面図である。図4は、(a) が要部拡大平面図、(b) が要部拡大正面図・端面図、(c) が全体平面図、(d) が全体正面図・端面図、(e) が全体平面図、(f) が全体正面図・端面図であり、図5は、(a) が要部拡大平面図、(b) が要部拡大正面図・端面図である。

[0023] ボイラ火炉パネル10の製造は、要するに鋼製パネル11を母材としてその片面に超合金被覆15を形成してから自溶合金被覆16も形成し更に端部形状を仕上げるというものであり、工場で行われる。

鋼製パネル11は(図2参照)、従来同様で良く、鋼材からなる管部12と板部13とを交互に溶接接続等にて連結したものである。一般的なボイラ火炉パネルの場合、鋼製パネル11のサイズは長さが4000〜6000mm程度で幅が400〜500mm程度、管部12の径は60〜75mm程度、管部12の厚さは5.0〜7.0mm程度、板部13の厚さは5〜7mm程度である。

[0024] 鋼製パネル11の端部に対する超合金被覆15の形成は(図3参照)、管部12では急速昇温領域幅Cより少し広い範囲に対して行われ、板部13では更に内方に入り込

んだところまで行われる。なお、先端部の50ー150mm程度が、作業中の固定保持等のために被覆処理されることなく残されることがあるが、その場合、最後の端部形状仕上時には切り落とされる。超合金被覆15の施工作業は、溶接肉盛で行われ、その溶加材には、線材化した第二合金材料が適しており、中でも日本ではJISG4901-NCF625, JISG4902-NCF625該当の超合金材料が好適であり、他の国や地域では国際規格のISO4955やISO9723等で規定される超合金材料から該当品を選定できる。

- [0025] 急速昇温領域の残部領域に対する自溶合金被覆16の形成は(図4参照)、超合金被覆15のマスキング、自溶合金の溶射、自溶合金の溶融処理の順に行われる。なお、詳細な説明は割愛するが、ショットブラスト等の表面清浄処理も適宜行われる。

超合金被覆15のマスキングは、例えば金属薄板等の遮蔽板又は耐熱マスキングテープを用いて行われる。また、超合金被覆15と自溶合金被覆16との間に隙間ができて母材が露出しないよう、超合金被覆15と自溶合金被覆16が一部で重複するようにマスキングを行う。そのような重層部分では、急峻な段差が現出しないよう、両被覆の厚みにテープを付けると良い。

- [0026] 自溶合金被覆16形成のための溶射およびその後の溶融処理は、超合金被覆15の無い従来品に対する被覆形成処理と同様で良いので(例えば特許文献2参照)、詳細な説明は割愛するが、公知の装置を用いて一般的な手法で行われる。すなわち、自溶合金の溶射は、公知の溶射装置を用いて一般的な溶射法で能率良く行われる。自溶合金被覆16の溶射材には、粉粒化した第一合金材料が適しており、中でも日本ではJISH8303-SF Ni4該当のニッケル自溶合金材料が好適であり、他の国や地域では国際規格のISO14920に規定されるニッケル自溶合金材料から該当品を選定できる。

- [0027] また、自溶合金の溶融処理も、基本的には、公知の高周波誘導加熱装置を用いて一般的な移動加熱法で一方向に能率良く行われる。

ただし、従来と異なり板部13に溶射された自溶合金被覆16に対しても一方向移動の条件下で十分な溶融処理を施すようにする(特許文献2, 3参照)。

- [0028] 上述の合金材料で被覆する場合、超合金被覆15と自溶合金被覆16との厚さ比率



は、1. 2ー2. 0:1に設定するのが良い。これは、自溶合金被覆の耐摩耗性が超合金被覆よりも優れており、使用条件に応じて上記範囲の被覆厚さ比を設定しておくことによって両被覆の耐摩耗寿命が均等化されるからである。即ち、1. 2:1未満では超合金被覆15の減耗が先行して残された自溶合金被覆16が無駄になる恐れがあり、一方、2. 0:1を超えると、逆に自溶合金被覆16の減耗が先行して残された超合金被覆15が無駄になる恐れがある、ということである。

- [0029] 表側片面に合金被覆15, 16の形成後、鋼製パネル11の先端の未被覆部が切り落とされる(図5参照)。これはプラズマ切断などで行われ、同時に又は別の時に、切込み14も形成される。さらに、他のボイラ火炉パネル10との溶接接続に備えて、管部12の先端に面取り加工が施される(図1(c), (e)参照)。

こうして、端部の仕上げも終わると、一枚のボイラ火炉パネル10が出来上がる。また、同様にして能率良く次々にボイラ火炉パネル10が製造されると、それらは工場や倉庫などに蓄積され保管される。

- [0030] この実施形態のボイラ火炉パネル10(合金被覆ボイラ部品)について、その使用態様等を、図面を引用して説明する。ボイラ火炉パネル10は複数枚が溶接接続されてボイラ火炉に組み込まれるので、ここでは特にボイラ火炉パネル10同士の溶接工程を説明する。図6は、その溶接接続工程を示し、(a)が溶接前の溶接接続部の断面図、(b)が溶接後の溶接接続部の断面拡大図である。また、図1(f)は複数のボイラ火炉パネル10を連結したところの平面図である。

- [0031] 溶接接続工程は、位置決め(目合わせ)工程と管端溶接接続工程と板部溶接接続工程とからなり、その順で各工程の処理が接続対象ボイラ火炉パネル10対の溶接接続部20に施される。これは、部分的には組立工場で行われることもあるが、最終的にはボイラ設置現場で行われる。

先ず位置決め工程では(図6(a)参照)、溶接接続部20となる管部12の先端同士を対向させた状態で、両ボイラ火炉パネル10を固定する。それから、各管端対向状態に位置ずれがあれば、そして、その位置ずれが先の合金被覆15, 16形成などで生じた僅かなものであれば、切込み14に小さな楔を打ち込む等のことを行って、対向管端の位置整合を採る。

[0032] 次に管端溶接接続工程では(図6(b)参照)、ボイド等の生じないように、また加熱しすぎないように、管内面側から管外面側へ何回かに分けて環状の溶接が行われる。図示の例では、五層に分かれており、管の中空に臨む超合金溶接層21の環状溶接から始めて、管内に埋もれる超合金溶接層22の環状溶接が続き、さらに、管外周に露呈する三列の超合金溶接層23, 24, 25が一巡ずつ順に施工される。この管端溶接工程で使われる溶加材としては、超合金被覆15と同じ第二合金材料が、自溶合金被覆との耐食性、耐摩耗性のバランスの点で望ましい。第二合金材料を用いた施工済みの超合金被覆15は熱衝撃割れ感受性が無いので、溶接はこの被覆を損なうことなく容易かつ的確に行える。また、その先の自溶合金被覆16についても、これは熱衝撃割れ感受性を持っているが、超合金被覆15が急速昇温領域幅Cをカバーしているので、やはり割れの発生を心配する必要が無い。

[0033] 最後に、板部溶接接続工程では、図示は割愛したが、少なくとも双方の切込み14を覆うサイズの当て板が、両ボイラ火炉パネル10の板部13に亘って、溶接される。当て板の溶接は、裏(すなわち超合金被覆15非形成面、火炉外壁面、保護不要面)側から行われる。切込み14が細いうえ当て板の付け替えが容易なことから、切込み14の内側は母材のままで即ち鋼製パネル11が露呈したままで工程を終えることもあるが、超合金被覆15と同じ第二合金材料を溶加材に用いた溶接施工にて切込み14を埋めても良い。また、板部13は、管部12と違って、ボイラ構築後の補修が行いやすい(ボイラ外からの補修でも一応の目的が達成される)ので、パネル端部板や当て板の板厚を厚くして長寿命化した上で合金被覆を省略するといった手法も採用されてよい。

[0034] こうして、次々にボイラ火炉パネル10が連結され(図1(f)参照)、冷却水路付の火炉ハウジングが出来上がる。

そのような火炉ハウジングにあつては、内壁全面が又は内壁面のうち要保護部については全域が緻密な合金被覆にて覆われるので、耐エロージョン・コローション性が格段に向上する。

[0035] 次に、本発明の自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法の一実施形態について、その工程等を、図面を引用して説明する。図7は、(a)がボイラチューブの平面図、

(b)が正面図・端面図、図7(c)～(h)、図8(a)、(b)は、何れも平面図である。

[0036] ここでは、準備していなかったボイラチューブを現場で調達するときの遣り方を説明する。要保護部である外周面に自溶合金被覆の施された鋼製ボイラチューブ70は(図7(a)、(b)参照)速やかに入手できるが、それは、長さが組込箇所合致していないものとする(図7(c)参照)。また、自溶合金被覆が、NiリッチのNi-Cr成分が過半量を占め更にBとSiが夫々1～5%配された合金材料なので、すなわち熱衝撃割れ感受性を持った第一合金材料(上述の自溶合金被覆16の材料)なので、そのまま溶接すると不所望に損なわれてしまう。

[0037] そこで、ボイラチューブ70から余剰部分71を切り落として所望の長さの適合部72を残すとともに(図7(d)参照)、後の溶接接続に備えて(図8(b)参照)、先ず、採用部分である適合部72の両端に溶接肉盛の溶接施工を行う(図7(e)～(h)、図8(a)参照)。この溶接施工を工程順に詳述すると、先ず適合部72内の両端部73、74から自溶合金被覆を除去する(図7(e)参照)。端部73、74の母材露出幅は、上述の急速昇温領域幅Cと同じで、一概には言えないが、15～50mm程度である。

[0038] それから、ソレノイド状に捲回され且つその捲回ピッチが単調増加するような誘導コイル75を(図7(f)参照)、高周波誘導加熱装置に接続するとともに、端部73に嵌装・遊嵌して(図7(g)参照)、誘導加熱による予熱処理を行う。そのとき、端部73の母材露出幅の2～3倍の長さの誘導コイル75を用い、その誘導コイル75の両端のうち捲回ピッチの粗い方を適合部72の中間部側にし、捲回ピッチの密な方を端部73側にする。また、高周波誘導加熱装置に設定する誘導コイル75の通電条件を、端部73における昇温速度が2～10℃/秒になるような緩速加熱条件にする。

[0039] そうすると、端部73及びそこから内方に向けて昇温量が漸減して行く加熱パターンで而もゆっくり適合部72が予熱される。そして、最高温部温度が450～600℃になったら、加熱をやめる。これにより、軸方向の空間面でも時間の経過面でも急変の無い「ぼかし予熱領域」が形成されるので、引き続いて、すなわち冷める前に速やかに、適合部72の端部73に超合金被覆76を形成する(図7(h)参照)。その形成は、溶接肉盛にて、自溶合金被覆との間に母材露出面を残さないように行われる。

[0040] また、その溶接肉盛では、溶加材に、熱衝撃割れ感受性の無い第二合金材料(上

述の超合金被覆15の材料)が用いられる。すなわち、NiリッチのNi-Cr成分が過半量を占め且つBとSiの含量をBは0.1%以下、Siは0.5%以下に抑えた合金材料を溶加材として、溶接施工が行われる。

このような溶接施工では自溶合金被覆の形成が先で超合金被覆の形成が後になっているが、「ぼかし予熱領域」内での施工であるので、自溶合金被覆が割れることは無い。

[0041] こうして、ボイラチューブ70の適合部72は、後の溶接接続の対象部位である端部73については急速昇温領域に亘って第二合金材料での超合金被覆が形成されるとともに、それより内方の残部領域には自溶合金被覆が残された状態になる。そして、同様の溶接施工を残りの端部74についても行えば、上述したボイラ火炉パネル10相当のボイラチューブ80が現場で出来上がる(図8(a)参照)。これと接続される他のボイラチューブ81, 82も、必要であれば同様にして現場で、調製し、一時保管しておく。

[0042] そして、溶接接続時には、連結対象のボイラチューブ80, 81, 82を現場に揃え、溶接開先の形成など所要の管端処理を行ってから、溶接接続部83, 84でボイラチューブ80, 81, 82の先端同士を対向させた状態で、ボイラチューブ80, 81, 82を固定する(図8(b)参照)。それから、溶接接続部83, 84それぞれに対し、超合金被覆76の溶接肉盛に使用したのと同じ溶加材を用いて、管端同士の溶接接続を行う。このボイラチューブ80の管端溶接接続は、上述した管部12の管端溶接接続と同様で、自溶合金被覆の熱衝撃割れを心配すること無く容易に行え、予熱も不要である。

[0043] 本発明の自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法の他の実施形態について、その工程等を、図面を引用して説明する。図9は、(a), (b)何れも要部の平面図である。

[0044] ここでは、外周面に自溶合金被覆の施された鋼製ボイラチューブ90同士の溶接接続を現場で急遽行う必要が生じたときの遣り方を説明する。ここでも、自溶合金被覆が、NiリッチのNi-Cr成分が過半量を占め更にBとSiが夫々1〜5%配された合金材料なので、すなわち熱衝撃割れ感受性を持った第一合金材料(上述の自溶合金被覆16の材料)なので、そのまま溶接すると不所望に損なわれてしまうため、高周波誘

導加熱装置を用いて「ぼかし予熱領域」の形成を行う。

- [0045] もっとも、この場合の予熱は上述の各実施形態と異なり溶接接続施工の直前に行われる。また、接続対象の両ボイラチューブ90が現場で既に固定されていて、双方の端部91を引き離すことが難しい、といったことも多々ある。そのため、端部91には、溶接開先を形成する前処理を施し、誘導コイル92には、展開着脱の可能なワンターンものを採用すると良い(図9(a)参照)。そして、誘導コイル92に高周波通電して「ぼかし予熱領域」形成のための加熱を行うときには、誘導コイル92を往復移動させる。
- [0046] その往復移動は、最高温部温度が450〜600℃に達するまで何回も行う。また、加熱パターンが溶接接続対象の端部91を中心にして双方向へ向けて即ち端部91からボイラチューブ90の長手方向内方に向けて昇温量の漸減して行くパターンになるよう、端部91のところは緩速で、端部91から離れるほど急速で、行う。往復距離は、片側で、即ち一方のボイラチューブ90について端部91から内方へ、15〜50mm程度を確保する。さらに、この場合も、高周波誘導加熱装置に設定する誘導コイル92の通電条件を、端部91における昇温速度が2〜10℃/秒になるような緩速加熱条件にする。
- [0047] そうすると、この場合も、軸方向の空間面でも時間の経過面でも急変の無い「ぼかし予熱領域」が形成されるので、引き続いて、速やかに、ボイラチューブ90の対向端部91同士を溶接接続する(図9(b)参照)。その溶接接続部93は、上述した管部12の管端溶接接続と同様、熱衝撃割れ感受性の無い第二合金材料(上述の超合金被覆15の材料)を溶加材として溶接接続される。すなわち、この場合も、溶加材はNiリッチのNi-Cr成分が過半量を占め且つBとSiの含量をBは0.1%以下、Siは0.5%以下に抑えた合金材料であるが、ぼかし予熱が直前先行しているので、自溶合金被覆が割れることは無い。
- [0048] その他、上記の各実施形態では、具体例として、ボイラ火炉パネル10の工場生産とボイラチューブ80の現場調達とを説明したが、逆も有り得る。すなわち、ボイラチューブ80の工場生産も、ボイラ火炉パネル10の現場調達も、繰り返しとなる詳細な説明は割愛するが、上述したのと同様にして、適宜行われる。

### 図面の簡単な説明

[0049] [図1]本発明の一実施形態について、合金被覆ボイラ部品の構造を示し、(a)が全体平面図、(b)が全体正面図・端面図、(c)が要部拡大平面図、(d)が要部拡大正面図・端面図、(e)がA断面拡大図、(f)が複数連結状態の平面図である。

[図2]合金被覆ボイラ部品の製造工程を示し、(a)が全体平面図、(b)が全体正面図・端面図である。

[図3]合金被覆ボイラ部品の製造工程を示し、(a)が要部拡大平面図、(b)が要部拡大正面図・端面図である。

[図4]合金被覆ボイラ部品の製造工程を示し、(a)が要部拡大平面図、(b)が要部拡大正面図・端面図、(c)が全体平面図、(d)が全体正面図・端面図、(e)が全体平面図、(f)が全体正面図・端面図である。

[図5]合金被覆ボイラ部品の製造工程を示し、(a)が要部拡大平面図、(b)が要部拡大正面図・端面図である。

[図6]合金被覆ボイラ部品の溶接工程を示し、(a)が溶接前の溶接接続部の断面図、(b)が溶接後の溶接接続部の断面拡大図である。

[図7]本発明の他の実施形態について、自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法の工程を示し、(a)がボイラチューブの平面図、(b)が正面図・端面図、(c)～(h)が何れも平面図である。

[図8](a)、(b)何れも平面図である。

[図9]本発明の他の実施形態について、自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法の工程を示し、(a)、(b)何れも要部の平面図である。

### 符号の説明

- [0050] 10 ボイラ火炉パネル(合金被覆ボイラ部品)  
11 鋼製パネル(複合パネル)  
12 管部(管材)  
13 板部(板材)  
14 切込み  
15 超合金被覆(溶接肉盛部、第二合金材料被覆)

- 16 自溶合金被覆(溶射後溶融部、第一合金材料被覆)
- 20 溶接接続部
- 21〜25 超合金溶接層(第二合金材料溶加材)
- 40 誘導コイル(高周波誘導加熱装置)
- 70 ボイラチューブ(自溶合金被覆ボイラ部品)
- 71 余剰部分
- 72 適合部(採用部分)
- 73, 74 端部(急速昇温領域)
- 75 誘導コイル(高周波誘導加熱装置)
- 76 超合金被覆(溶接肉盛部、第二合金材料被覆)
- 80〜82 ボイラチューブ(合金被覆ボイラ部品)
- 83, 84 溶接接続部
- 90 ボイラチューブ(自溶合金被覆ボイラ部品)
- 91 端部
- 92 誘導コイル(高周波誘導加熱装置)
- 93 溶接接続部

## 請求の範囲

- [1] 金属製の母材にNiリッチのNi-Cr成分が過半量を占める合金材料による被覆が施された、溶接接続して用いられる合金被覆ボイラ部品であって、溶接接続に供される端部には、その近傍も含めた、溶接作業時に熱衝撃割れが生じうる急速昇温領域に亘って、融点降下元素であるB, Siの含量をBは0.1%以下, Siは0.5%以下に抑えた前記合金材料による溶着被覆が施されており、一方、前記急速昇温領域以外の残部領域には、前記B, Siの含量を夫々1〜5%とした組成の前記合金材料による溶着被覆が施されている、ことを特徴とする合金被覆ボイラ部品。
- [2] 前記急速昇温領域は、溶接に供される端部と、この端部から15〜50mm離れた位置との間に亘る領域である、ことを特徴とする請求項1記載の合金被覆ボイラ部品。
- [3] 前記B, Siの含量をBは0.1%以下, Siは0.5%以下に抑えた前記合金材料として、JISG4901, 4902に規定された組成の超合金材料を用いた、ことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載された合金被覆ボイラ部品。
- [4] 前記B, Siの含量を夫々1〜5%とした組成の前記合金材料としてJISH8303に規定された組成のニッケル自溶合金材料を用いた、ことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載された合金被覆ボイラ部品。
- [5] 前記B, Siの含量をBは0.1%以下, Siは0.5%以下に抑えた前記合金材料として、JISG4901, 4902-NCF625該当の超合金材料を用い、また、前記B, Siの含量を1〜5%とした組成の前記合金材料としてJISH8303-SFNI4該当のニッケル自溶合金材料を用いるとともに、これらの材料を用いて形成した前記急速昇温領域と前記残部領域の溶着被覆の厚さ比率を、1.2〜2.0:1に設定した、ことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載された合金被覆ボイラ部品。
- [6] 前記合金被覆ボイラ部品はボイラ火炉パネル又はボイラチューブである、ことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載された合金被覆ボイラ部品。
- [7] 前記合金被覆ボイラ部品は、管材と板材とを交互に連結したボイラ火炉パネルであり、前記板材の端部には、内方に向けて前記急速昇温領域を越え前記残部領域に達するところまで、前記B, Siの含量をBは0.1%以下, Siは0.5%以下に抑えた前記合金材料による溶着被覆が施されるとともに、切込みが形成されている、ことを特

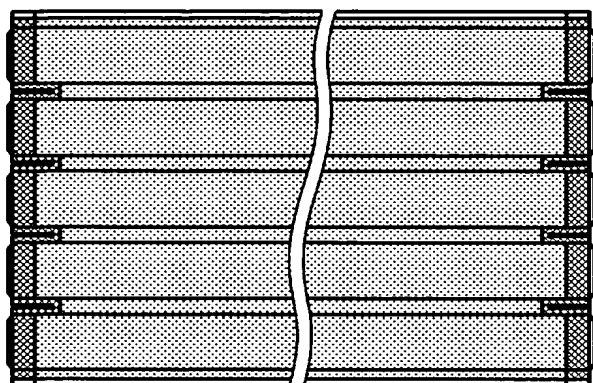


徴とする請求項1又は請求項2に記載された合金被覆ボイラ部品。

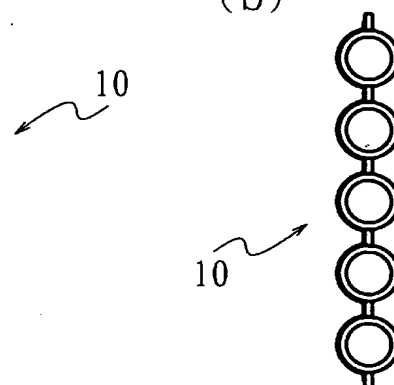
- [8] 金属製の母材にNiリッチのNi-Cr成分が過半量を占め更にBとSiが夫々1～5%配された自溶合金材料による溶着被覆が施された自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法であって、溶接施工に供される端部を対象として、端部から内方に向けて昇温量が漸減して行く加熱パターンでの予熱処理を前記端部における昇温速度が2～10℃/秒という緩速加熱条件で適用してぼかし予熱領域を形成し、引続いて当該端部の溶接作業を行う、ことを特徴とする自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法。
- [9] 前記予熱処置を、前記溶接施工における溶加材適用領域よりも内方に更に15～50mm広くとった領域を前記ぼかし予熱領域とし、最高温部温度を450～600℃とする条件にて行う、ことを特徴とする請求項8記載の自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法。
- [10] 前記溶接施工は、前記端部からその内方に亘る領域に施す、NiリッチのNi-Cr成分が過半量を占め且つBとSiの含量をBは0.1%以下、Siは0.5%以下に抑えた合金材料を溶加材とする溶接肉盛である、ことを特徴とする請求項8又は請求項9に記載された自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法。
- [11] 前記溶接施工は、前記端部を対象としたNiリッチのNi-Cr成分が過半量を占め且つBとSiの含量をBは0.1%以下、Siは0.5%以下に抑えた合金材料を溶加材とする溶接接続である、ことを特徴とする請求項8又は請求項9に記載された自溶合金被覆ボイラ部品の溶接施工方法。

[図1]

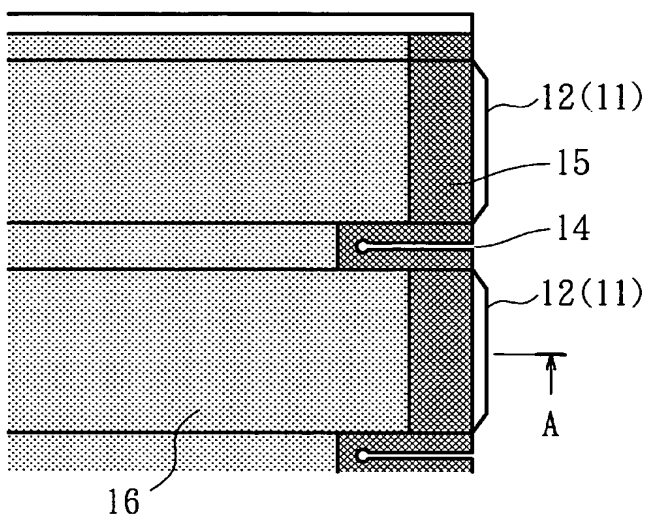
(a)



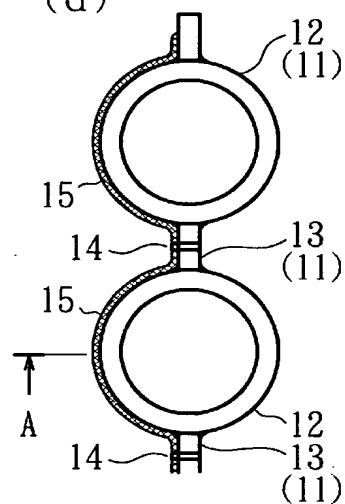
(b)



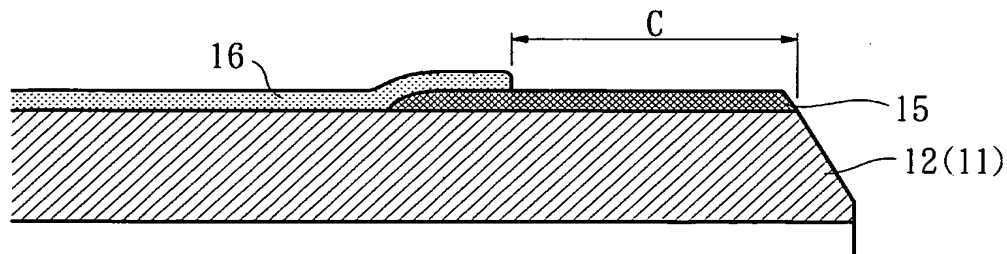
(c)



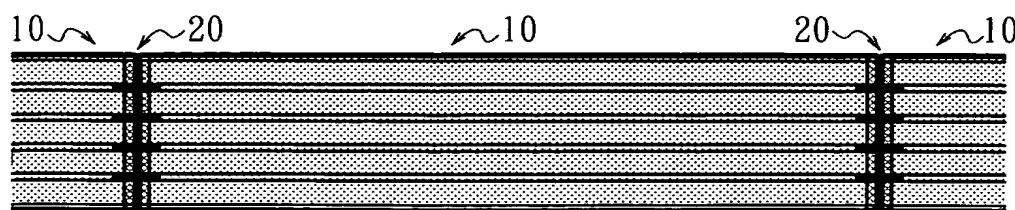
(d)



(e)



(f)

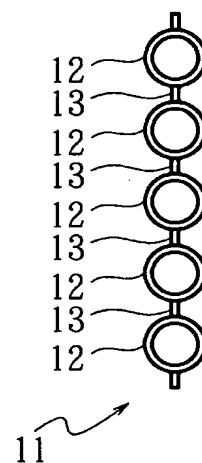


[図2]

(a)

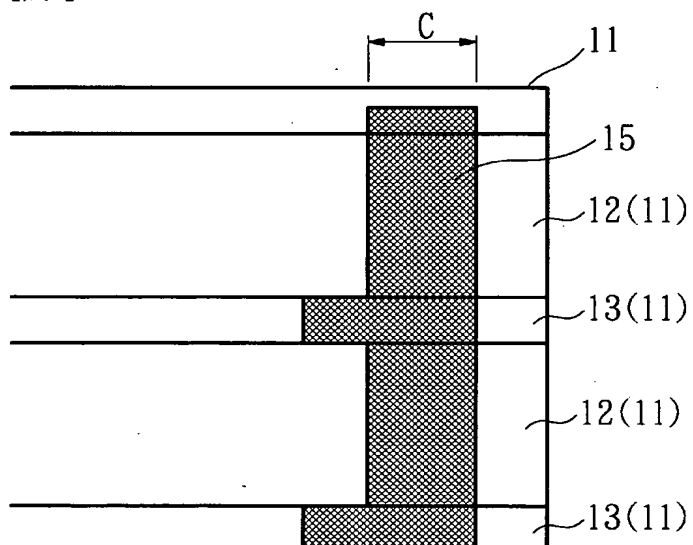


(b)

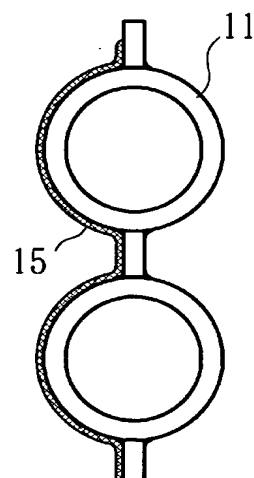


[図3]

(a)

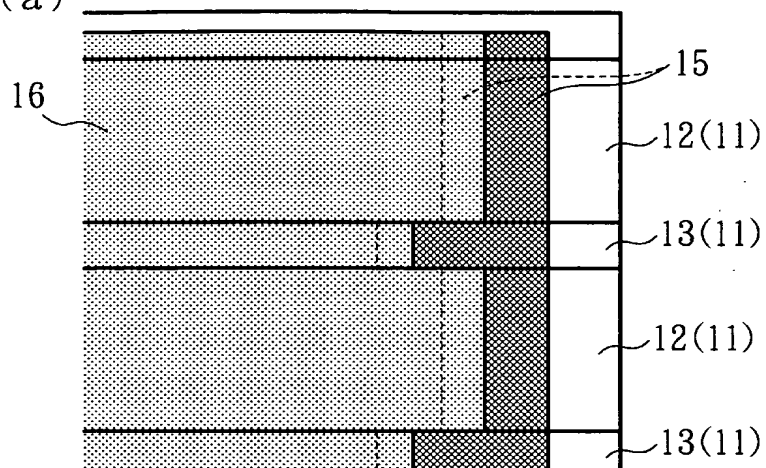


(b)

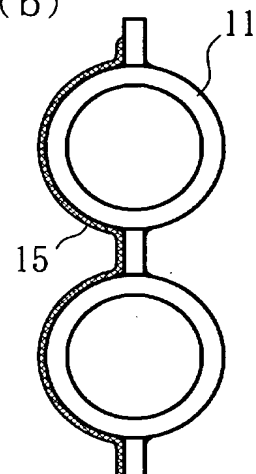


[図4]

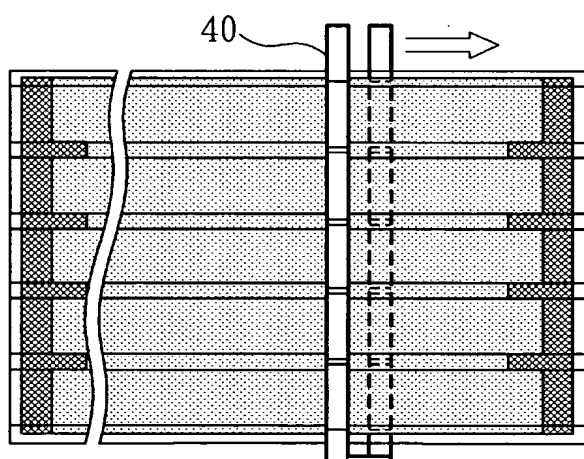
(a)



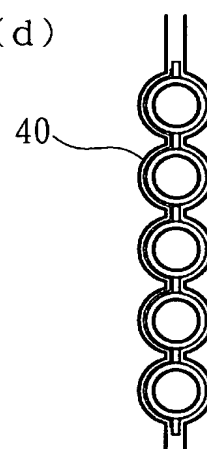
(b)



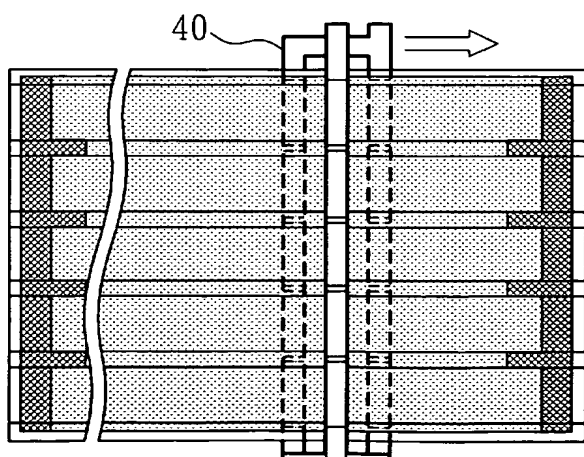
(c)



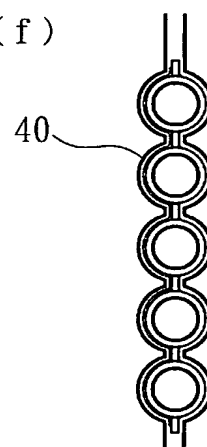
(d)



(e)

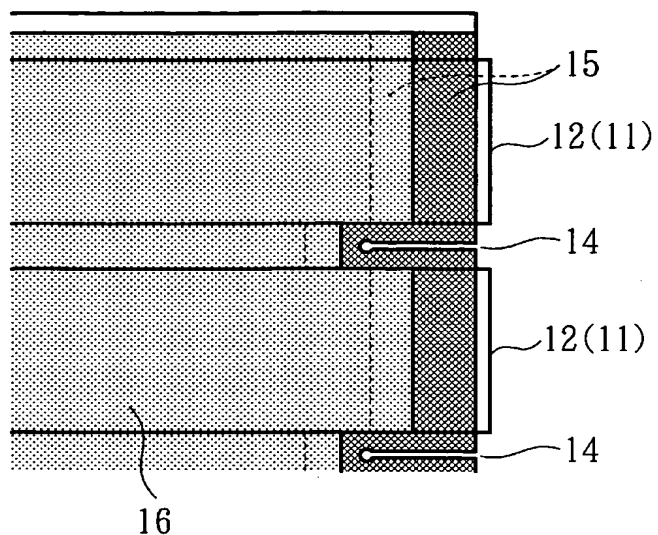


(f)

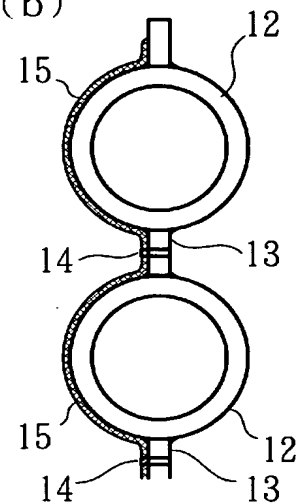


[図5]

(a)

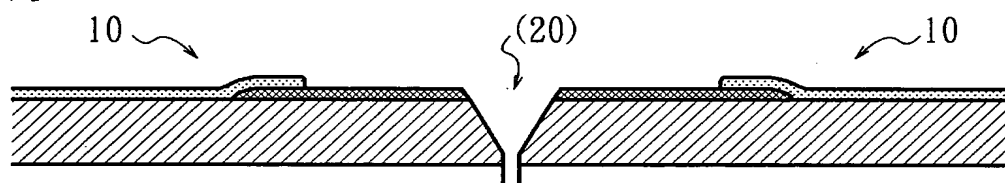


(b)

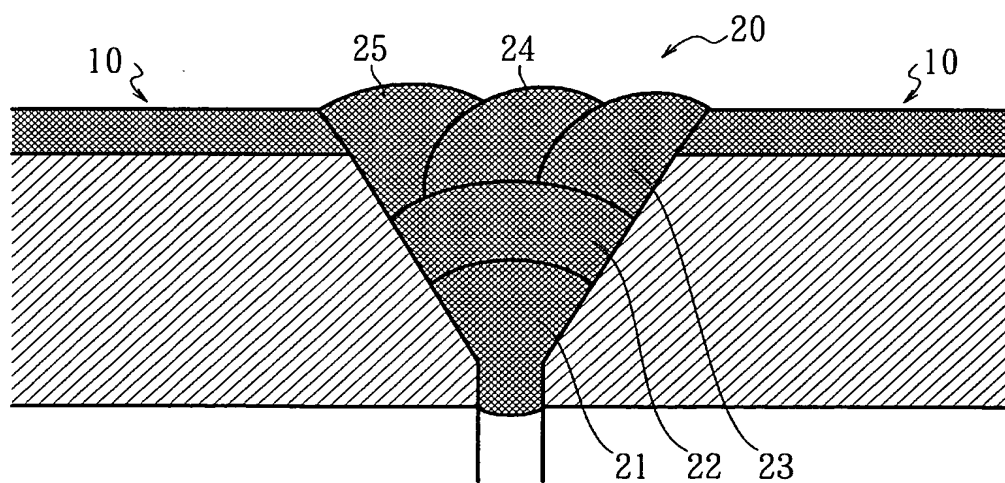


[図6]

(a)

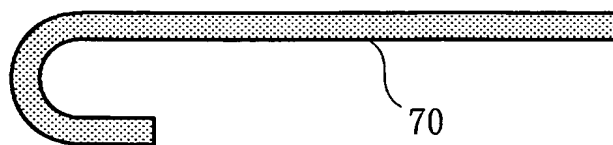


(b)

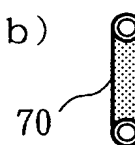


[図7]

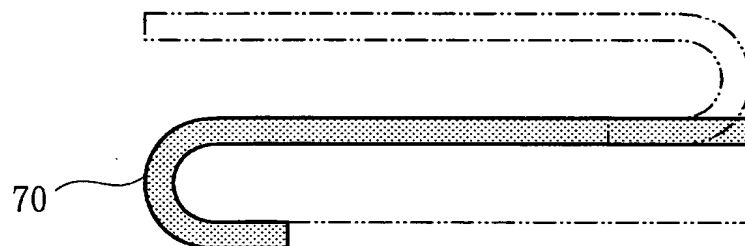
(a)



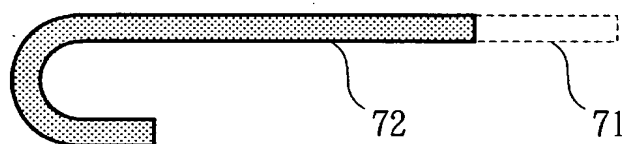
(b)



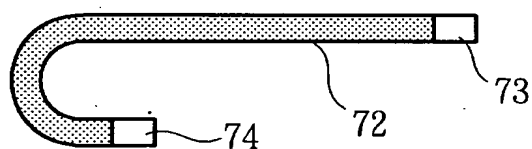
(c)



(d)



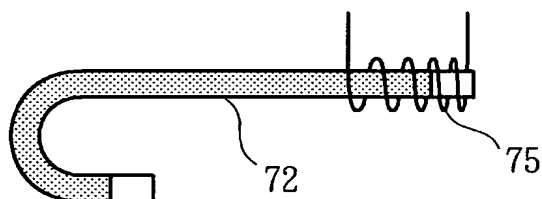
(e)



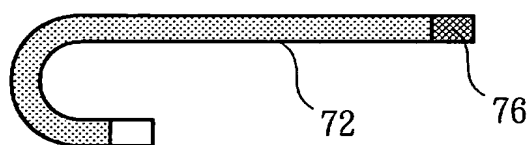
(f)



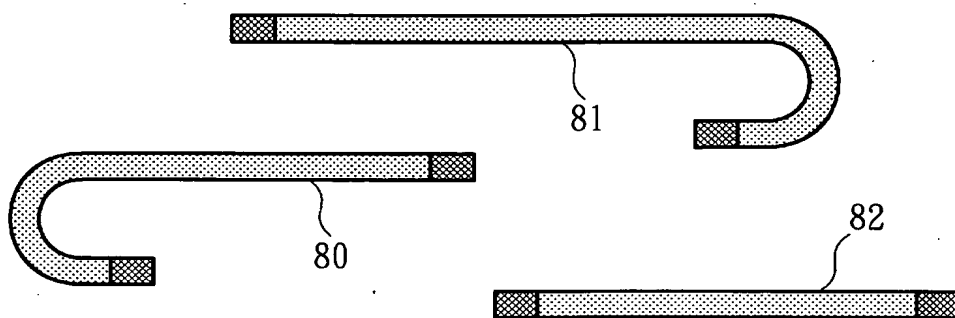
(g)



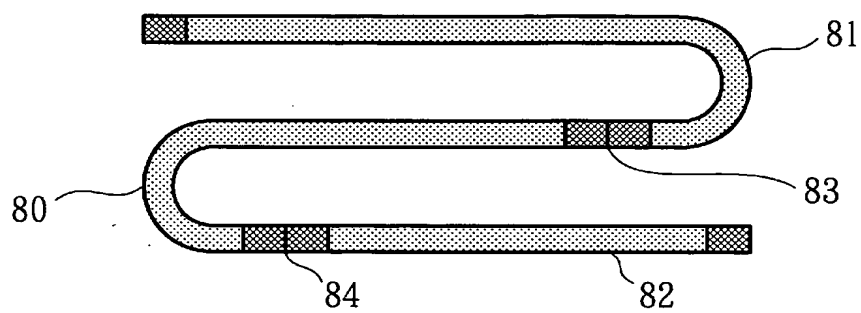
(h)



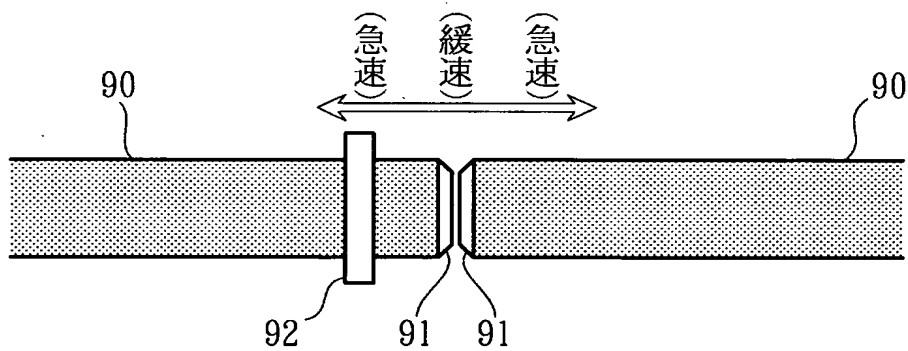
[図8]  
(a)



(b)



[図9]  
(a)



(b)

